



Examen parcial de Física - ELECTRÒNICA  
18 de maig de 2020

## Model B

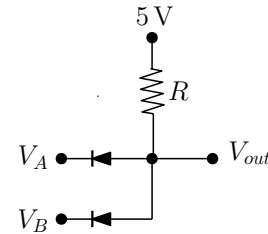
## Qüestions: 50% de l'examen

A cada qüestió només hi ha una resposta correcta. Encerceleu-la de manera clara.

Puntuació: correcta = 1 punt, incorrecta = -0.25 punts, en blanc = 0 punts.

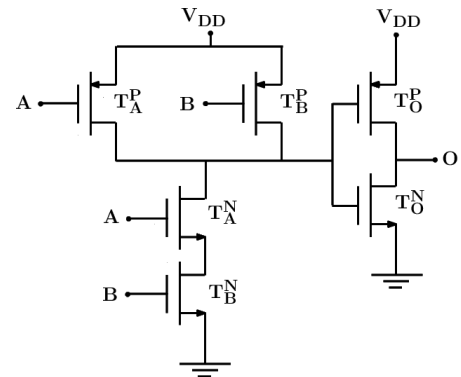
**T1)** La tensió llindar dels díodes de la figura és  $V_\gamma = 0.7$  V. Per  $V_A = 0$  V i  $V_B = 0$  V, cada díode dissipa una potència  $P = 1.51$  mW. Quant val la resistència  $R$  ?

- a) 0.25 k $\Omega$                       b) 2 k $\Omega$   
c) 0.5 k $\Omega$                          d) 1 k $\Omega$



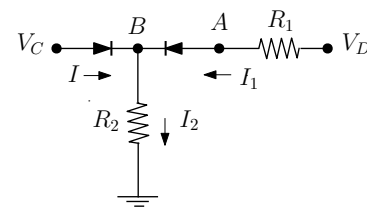
**T2)** Si les entrades d'aquesta porta CMOS són  $V_A = V_{DD}$  i  $V_B = 0$ , els transistors que estan en tall (OFF) són

- a)  $T_A^N, T_B^P, T_O^N$                       b)  $T_A^P, T_B^N, T_O^N$   
c)  $T_A^P, T_B^N, T_O^P$                       d)  $T_A^N, T_B^P, T_O^P$



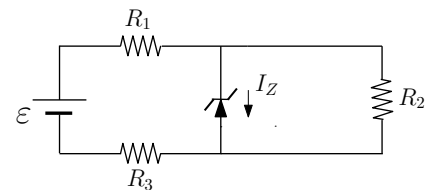
**T3)** En el circuit de la figura, la tensió llindar dels dos díodes és  $V_\gamma = 0.7$  V,  $V_D = 10$  V,  $V_C = 5$  V,  $R_1 = 1$  k $\Omega$  i  $R_2 = 2$  k $\Omega$ . Quant val la intensitat  $I_1$  que passa per  $R_1$  ?

- a)  $I_1 = 0$                                  b)  $I_1 = 3.1$  mA  
c)  $I_1 = 1.1$  mA                         d)  $I_1 = 2.5$  mA



**T4)** El díode Zener del circuit de la figura té una tensió llindar  $V_\gamma = 0.7$  V i una tensió de ruptura  $V_Z$ . Quant les resistències valen  $R_1 = 4$  k $\Omega$ ,  $R_2 = 7.5$  k $\Omega$  i  $R_3 = 2.5$  k $\Omega$ , el díode condueix per  $\varepsilon > 15$  V. Quant val  $V_Z$  ?

- a) 5.0 V                                      b) 9.0 V  
c) 6.2 V                                      d) 8.0 V



**T5)** Diguen quina de les següents afirmacions és FALSA per un transistor PMOS, amb tensió de tall  $V_T$ , pel qual les diferències de potencial porta-font i drenador-font són respectivament  $V_{GS}$  i  $V_{DS}$ , i pel que circula una intensitat  $I_D$ .

- a) A la regió òhmica  $I_D$  no varia amb  $V_{DS}$ .  
b) El corrent  $I_D$  va de la font  $S$  al drenador  $D$ .  
c) A la regió de saturació  $I_D$  augmenta quan  $V_{GS}$  disminueix.  
d) Està en tall quan  $V_{GS} > V_T$ .

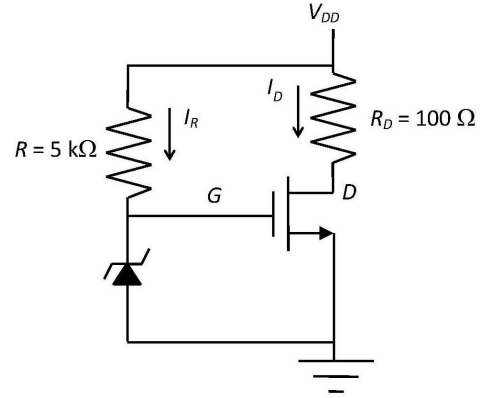
Cognoms i Nom:

Codi

**Examen de Física - ELECTRÒNICA**  
**18 de maig de 2020**

**Problema: 50% de l'examen**

Considerem el circuit de la figura, en el qual el díode Zener es caracteritza per una tensió llindar  $V_\gamma = 0.7 \text{ V}$  i una tensió Zener  $V_Z = 6 \text{ V}$ , mentre que els paràmetres característics de l'nMOS d'enriquiment són  $V_T = 1 \text{ V}$  i  $\beta = 2 \text{ mA/V}^2$ . Quins són els valors de les intensitats  $I_R$  i  $I_D$  que circulen per les resistències  $R = 5 \text{ k}\Omega$  i  $R_D = 100 \Omega$ , respectivament, així com les tensions als punts  $G$  i  $D$ , si:



- a)  $V_{DD} = 5 \text{ V}$ .
- b)  $V_{DD} = 10 \text{ V}$ .
- c) Si  $V_{DD} = 10 \text{ V}$ , per a quins valors de  $R_D$  el transistor està en saturació?

**RESOLEU EN AQUEST MATEIX FULL**

## Respostes correctes de les qüestions del Test

Qüestió	Model A	Model B
T1)	b	d
T2)	d	c
T3)	d	b
T4)	c	d
T5)	b	a

### Resolució del Model A

**T1)** Examinarem primer si el díode connectat a  $V_C$  està en tall (si  $V_B > V_C = 5 \text{ V}$ ) o en conducció (en aquest cas tindriem  $V_B \simeq V_C - V_\gamma < 5 \text{ V}$ ).

El potencial més elevat del circuit és  $V_D = 10 \text{ V}$ , per tant és clar que el díode connectat a  $V_D$  està en polarització directa, per tant condueix i hi ha corrent per la branca D - B - Terra, cosa que indica que el potencial  $V_B$  és elevat i que el díode connectat a  $V_C$  està polaritzat inversament, amb  $I = 0$  i  $I_1 = I_2$ . Llavors:  $V_A - V_B \simeq V_\gamma$ :

$$R_1 I_1 + V_\gamma + R_2 I_1 = V_D \Rightarrow I_1 = \frac{V_D - V_\gamma}{R_1 + R_2} = 3.1 \text{ mA}$$

i el potencial  $V_B = R_2 I_2 = R_2 I_1 = 6.2 \text{ V}$  confirma que el díode connectat a  $V_C$  està en tall.

**T2)** Si el díode Zener no conduís, per totes dues resistències passaria la mateixa intensitat  $I = \varepsilon / (R_1 + R_2 + R - 3)$  i la diferència de potencial  $V_A - V_B$  seria  $V_A - V_B = R_2 I = R_2 \varepsilon / (R_1 + R_2 + R_3)$ . Per tant, el díode conduirà quan sigui:

$$R_2 \left( \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + R_3} \right) > V_Z \Rightarrow V_Z = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \right) \varepsilon_{\min} = 8.0 \text{ V}$$

**T3)** Si les tensions a les entrades valen  $0 \text{ V}$ , tots dos díodes estan en polarització directa, i tots dos díodes condueixen, essent  $I_A = I_B$  per què tots dos tenen la mateixa tensió llindar. Trobarem  $I_A$  a partir de la potència que dissipa el díode connectat a  $V_A$ . Serà  $P_A = V_\gamma I_A \Rightarrow I_A = P_A / V_\gamma = 2.15 \text{ mA}$ . La intensitat que passa per la resistència  $R$  és  $I = I_A + I_B = 4.3 \text{ mA}$ . Finalment calculem  $R$  a partir de la tensió a la sortida que en aquest cas serà  $V_{\text{out}} = 0.7 \text{ mV}$ , donat que ha de ser:

$$V_{\text{out}} = 5 - RI \Rightarrow R = \frac{5 - V_{\text{out}}}{I} = 1 \text{ k}\Omega$$

**T4)** A la regió òhmica, la intensitat és  $I_D = \beta \left[ (V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$ . Per tant,  $I_D$  sí que depèn de  $V_{DS}$ .

**T5)** Els transistors NMOS estaran en tall si  $V_{GS} = 0$ . Els transistors PMOS estaran en tall si  $V_{GS} = 5 \text{ V}$ . Per tant,  $T_B^N$  i  $T_A^P$  estaran en tall. D'altra banda, com que  $T_B^P$  no està en tall, està en la regió òhmica i  $V_{DS} \approx 0$ . De manera que per  $T_O^P$  tenim que  $V_{GS} = 0$  i, per tant, també està en tall. En resum, estan en tall  $T_A^P$ ,  $T_B^N$  i  $T_O^P$ .

## Resolució del Problema

El Zener està polaritzat inversament i, com que la font  $S$  de l'nMOS està connectada a terra,  $V_S = 0$ . Per tant

$$V_{GS} = V_G - V_S = V_G = V_{DD} - RI_R I_R = (V_{DD} - V_G)/R$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = V_D = V_{DD} - R_D I_D \rightarrow I_D = (V_{DD} - V_D)/R_D = (V_{DD}/R_D) - (1/R_D)V_{DS}$$

A més, per la porta  $G$  del transistor no circula corrent com a qualsevol MOSFET, de manera que la intensitat que circula pel Zener és la mateixa  $I_R$  que per  $R$ .

- a) Quan  $V_{DD} = 5$  V, la tensió aplicada al Zener és inferior a  $V_Z = 6$  V. Per tant, no circula corrent pel Zener, ni per  $R$ , de manera que

$$I_R = 0 \rightarrow V_G = V_{DD} - RI_R = 5 \text{ V} = V_{GS} \rightarrow V_{GT} = V_{GS} - V_T = 4 \text{ V} \geq 0 \rightarrow \text{NO tall.}$$

Si suposem que l'nMOS està en saturació ( $V_{DS} \geq V_{GT}$ ),  $I_D = \frac{1}{2}\beta V_{GT}^2 = 16$  mA

Si  $I_D = 16$  mA  $\rightarrow V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D = 3.4$  V  $< V_{GT}$ , contradictori amb saturació.

Per tant, està en òhmica ( $V_{GT} \geq V_{DS}$ )  $\rightarrow I_D = \beta V_{GT} V_{DS} - \frac{1}{2}\beta V_{DS}^2 = 8V_{DS} - V_{DS}^2$

que junt amb la recta de càrrega  $\rightarrow I_D = (V_{DD}/R_D) - (1/R_D)V_{DS} = 50 - 10V_{DS}$

igualant les dues equacions tenim  $50 - 10V_{DS} = 8V_{DS} - V_{DS}^2 \rightarrow V_{DS}^2 - 18V_{DS} + 50 = 0$

i només la solució més petita de l'equació de 2n grau  $V_{DS} = 3.43$  V  $\leq V_{GT} = 4$  V

compleix la condició d'estar en òhmica. Per tant,  $I_D = 50 - 10V_{DS} = 15.68$  mA

Així doncs,  $I_R = 0$  ;  $I_D = 15.68$  mA ;  $V_G = 5$  V ;  $V_D = V_{DS} = 3.43$  V.

- b) Quan  $V_{DD} = 10$  V, la tensió aplicada al Zener és superior a  $V_Z = 6$  V. Per tant, hi passa corrent i

$$V_G = V_{GS} = V_Z = 6 \text{ V} \rightarrow I_R = (V_{DD} - V_G)/R = 0.8 \text{ mA}$$

$V_G = 6$  V  $= V_{GS} \rightarrow V_{GT} = V_{GS} - V_T = 5$  V  $\geq 0 \rightarrow$  l'nMOS no està en tall.

Si suposem que l'nMOS està en saturació ( $V_{DS} \geq V_{GT}$ ),  $I_D = \frac{1}{2}\beta V_{GT}^2 = 25$  mA

i  $V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D = 7.5$  V  $\geq V_{GT}$  tal com ha de ser en saturació.

Així doncs,  $I_R = 0.8$  mA ;  $I_D = 25$  mA ;  $V_G = 6$  V ;  $V_D = V_{DS} = 7.5$  V

- c) Amb  $V_{DD} = 10$  V, acabem de veure que  $V_{GT} = 5$  V i que la intensitat en saturació és  $I_D = 25$  mA, la qual cosa serà certa sempre que  $V_{GT} \leq V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D$ . Per tant cal que  $R_D \leq (V_{DD} - V_{GT})/I_D = 0.2$  k $\Omega$ .